

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-358362

(43)Date of publication of application : 26.12.2001

(51)Int.Cl.

H01L 31/12
G02B 6/122
G02B 6/42
H01L 31/0232
H01S 5/0683
H04B 10/08

(21)Application number : 2000-181015

(71)Applicant : OKI ELECTRIC IND CO LTD

(22)Date of filing : 16.06.2000

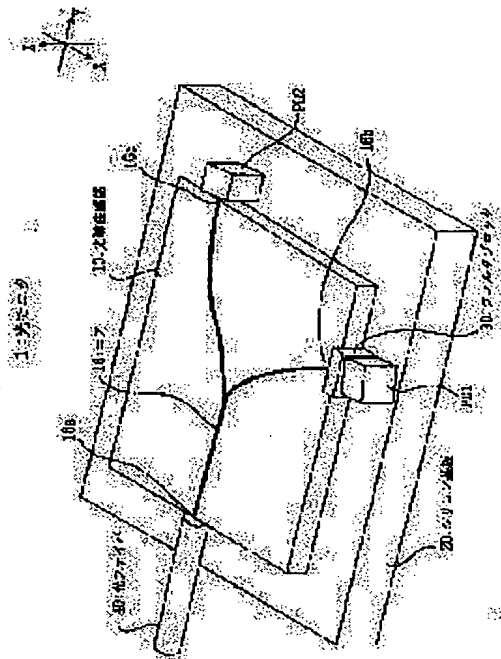
(72)Inventor : YAMASHITA YOSHIO
FUJII KOZO

(54) OPTICAL MONITOR, OPTICAL FILTER, AND OPTICAL MODULE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a small optical monitor, an optical filter, and an optical module comprising them in which the wavelength and the intensity of light outputted from a light source can be detected with high accuracy.

SOLUTION: The optical monitor 1 comprises an optical waveguide section 10 having a Y-branch core 16, a silicon substrate 20, a filter block 30, an optical fiber 40, a first photodiode PD1, and a second photodiode PD2. The core 16 has an input side end part 16a connected with the optical fiber 40, one output side end part 16b connected with the filter block 30 and the other output side end part 16c connected with the second photodiode PD2. At the Y-branch part of the core 16, light is branched at a specified ratio. One branched light passes through the filter block 30 and enters the first photodiode PD1. The other branched light enters the second photodiode PD2.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2001-358362

(P 2 0 0 1 - 3 5 8 3 6 2 A)

(43) 公開日 平成13年12月26日 (2001.12.26)

(51) Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
H01L 31/12		H01L 31/12	H 2H037
			G 2H047
G02B 6/122		G02B 6/42	5F073
6/42		H01S 5/0683	5F088
H01L 31/0232		G02B 6/12	B 5F089

審査請求 未請求 請求項の数18 O L (全18頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号	特願2000-181015 (P 2000-181015)	(71) 出願人	000000295 沖電気工業株式会社 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号
(22) 出願日	平成12年6月16日 (2000.6.16)	(72) 発明者	山下 吉雄 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
		(72) 発明者	藤井 浩三 東京都港区虎ノ門1丁目7番12号 沖電気工業株式会社内
		(74) 代理人	100095957 弁理士 亀谷 美明 (外3名)

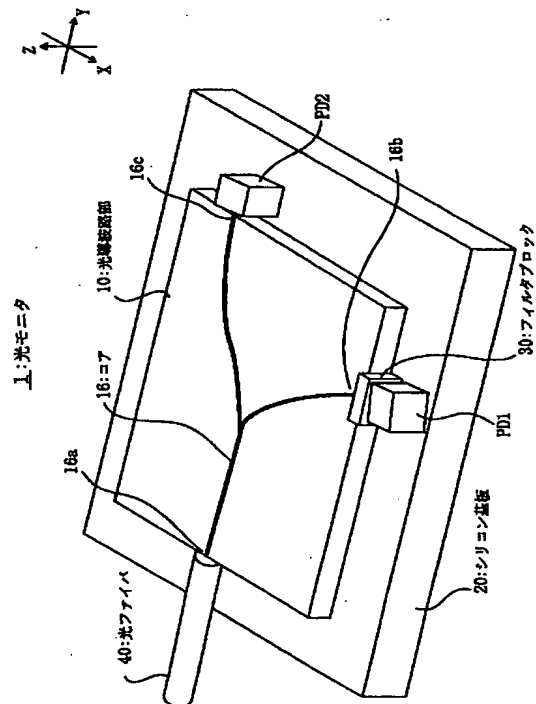
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光モニタ、光フィルタ、および光モジュール

(57) 【要約】

【課題】 小型であって、光源から出力された光の波長および光強度を高精度に検出することが可能な光モニタ、光フィルタ、およびこれらが組み込まれた光モジュールを提供する。

【解決手段】 光モニタ1は、Y分岐されたコア16を有する光導波路部10、シリコン基板20、フィルタブロック30、光ファイバ40、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2を備えている。コア16の入力側の端部16aは、光ファイバ40に接続されている。コア16の出力側の一方の端部16bは、フィルタブロック30に接続されており、他方の端部16cは、第2フォトダイオードPD2に接続されている。コア16のY分岐部において、光は所定の比率に分岐される。分岐された一方の光は、フィルタブロック30を経由して第1フォトダイオードPD1に入力される。分岐された他方の光は、第2フォトダイオードPD2に入力される。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 光源から出力された光を少なくとも第 1 光と第 2 光に所定の比率で分岐させる光分岐手段と、前記第 1 光が入射され、所定の波長の光を透過させる光フィルタと、前記光フィルタを透過した透過光を受光する第 1 受光素子と、前記第 2 光を受光する第 2 受光素子と、を備えたことを特徴とする、光モニタ。

【請求項 2】 前記光フィルタは、前記光フィルタに対する前記第 1 光の入射角が 0° よりも大きくなるように配置されたことを特徴とする、請求項 1 に記載の光モニタ。

【請求項 3】 前記光分岐手段は、前記光源から出力された光が導入される導入端と、導入された光を前記第 1 光と前記第 2 光に分岐させる分岐部と、前記第 1 光を射出する第 1 射出端と、前記第 2 光を射出する第 2 射出端と、を有するコアを含む光導波路部であることを特徴とする、請求項 1 または 2 に記載の光モニタ。

【請求項 4】 前記光導波路部は、前記光フィルタの入射面で反射した前記第 1 光の反射光が導入される反射光用コアを有することを特徴とする、請求項 3 に記載の光モニタ。

【請求項 5】 前記光フィルタは、光導波路と、前記光導波路を構成するコアの一方または両方の端面を覆い、所定の波長の光を透過させるフィルタ膜と、から構成されたことを特徴とする、請求項 1, 2, 3, または 4 に記載の光モニタ。

【請求項 6】 前記光フィルタは、前記第 1 射出端を覆い、所定の波長の光を透過させるフィルタ膜であることを特徴とする、請求項 3 または 4 に記載の光モニタ。

【請求項 7】 前記光源と、請求項 1, 2, 3, 4, 5, または 6 に記載の光モニタと、前記光源と前記光分岐手段を結合する光結合手段と、を同一基板上に備えたことを特徴とする、光モジュール。

【請求項 8】 前記光源と、請求項 1, 2, 3, 4, 5, または 6 に記載の光モニタと、前記光源と前記光分岐手段を結合する光結合手段と、から成る光装置群を複数、同一基板上に備えたことを特徴とする、光モジュール。

【請求項 9】 前記光結合手段は、光ファイバであることを特徴とする、請求項 7 または 8 に記載の光モジュール。

【請求項 10】 前記光結合手段は、光導波路であることを特徴とする、請求項 7 または 8 に記載の光モジュール。

【請求項 11】 前記光源は、半導体レーザであることを特徴とする、請求項 7, 8, 9, または 10 に記載の光モジュール。

【請求項 12】 前記光源から出力された光は、前記半導体レーザのバック光であることを特徴とする、請求項 11 に記載の光モジュール。

【請求項 13】 前記光分岐手段は、前記光源から出力された光を拡大して、前記第 1 光および前記第 2 光を含む拡大光として射出する光拡大レンズであることを特徴とする、請求項 1 に記載の光モニタ。

【請求項 14】 光源から出力された光の光路に配置された受光素子と、光源から出力された光が入射される第 1 位置と、前記光源から出力された光が入射されない第 2 位置との間を移動可能な光フィルタと、前記光フィルタが前記第 1 位置にある場合、前記光フィルタを透過した所定波長の透過光を受光し、前記光フィルタが前記第 2 位置にある場合、前記光源から出力された光を直接受光する受光素子と、を備えたことを特徴とする、光モニタ。

【請求項 15】 前記光源と、請求項 13 または 14 に記載の光モニタと、を備えたことを特徴とする、光モジュール。

【請求項 16】 前記光源は、半導体レーザであることを特徴とする、請求項 15 に記載の光モジュール。

【請求項 17】 前記光源から出力された光は、前記半導体レーザのバック光であることを特徴とする、請求項 16 に記載の光モジュール。

【請求項 18】 光導波路と、前記光導波路を構成するコアの一方または両方の端面を覆い、所定の波長の光を透過させるフィルタ膜と、から構成されたことを特徴とする、光フィルタ。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】 本発明は、光モニタ、光フィルタ、および光モジュールに関するものである。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】 従来、光通信システムにおいて、急増する通信トラフィックに対処するため、TDM (Time Division Multiplexing: 時分割多重) や WDM (Wavelength Division Multiplexing: 波長分割多重) 等の多重通信方式が採用されている。

【 0 0 0 3 】 WDM では、波長間隔を狭めることによって、多重可能な波長数を増加させ、これによって大量のトラフィックへの対応が図られる。例えば、波長間隔を 200 GHz から、100 GHz、50 GHz へと狭めることによって、C バンド領域において、32 波、64 波、128 波へと多重可能な波長数が増加する。波長間隔が 50 GHz の場合、各波長の波を 10 Gbps の速度で伝送することによって、1 ファイバあたり 1 Tbps 以上の大容量伝送が実現する。

【 0 0 0 4 】 光通信システムにおける光源として、文献 1: OPTCOM November 1998, No. 108, pp72-73 (1998) に開示されているような半導体レーザダイオードが用いられている。半導体レーザダイオードが組み込まれた従来の光モジュール 901 を図 17 に示す。この光モジュール 901 は、パッケージ 903 内部のステージ 905 上

に、レーザダイオードLD、フォトダイオードPD、サーミスタ911、およびサーモエレクトリック(T/E)クーラ913を備えている。

【0005】また、光モジュール901は、レーザダイオードLDのフロント光出力端にファイバ・ブラッグ・グレーティング915を備えており、レーザダイオードLDの発振波長の安定化が図られている。レーザダイオードLDの出力光(フロント光)は、光ファイバ921を経由して外部の光装置(図示せず)に伝送される。

【0006】上述のように、WDMにおいて、大量のトラフィックに対応するため波長間隔が狭められたとき、光源から出力される光の波長および強度(パワー)の安定性が特に重要となってくる。従来の光モジュール901では、レーザダイオードLDの出力光をモニタリングするため、レーザダイオードLDのバック光を検出することが可能な位置にフォトダイオードPDが配置されている。このフォトダイオードPDは、フォトダイオードPDでの反射光がレーザダイオードLDに戻ることがないように、光軸に対して所定の傾きを有している。また、ペルチェ(peltier)効果を応用したT/Eクーラ913によってレーザダイオードLDの温度が制御され、発振波長の安定化が図られている。しかし、長期的にはスレショルド電圧の変動等が原因となって中心波長が変化するおそれもある。このため、光波長や光出力を高精度にモニタリングすることが可能な波長モニタが必要となっていた。

【0007】スペクトルアナライザを用いれば、光の波長を10pmのレンジでモニタリングすることが可能となるが、スペクトルアナライザはサイズが大きく、レーザダイオードLDとともにモジュール化することは実質不可能である。

【0008】文献2：特開平10-209546号公報には、干渉光フィルタを用いてレーザダイオードの発光波長を制御する波長安定化装置が開示されている。この波長安定化装置では、レーザダイオードから出力された光は、干渉光フィルタによって透過光と反射光とに分離され2つのフォトダイオードに入射される。2つのフォトダイオードの出力比は、加算器、減算器、割算器を用いて算出される。この出力比と基準値との差(誤差)がゼロとなるようにレーザダイオードの発光波長が制御される。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、文献2に記載の波長安定化装置によれば、光を伝送する光ファイバ、干渉光フィルタ、フォトダイオードの光軸を3次元で高精度に調整する必要があり、レーザダイオードとともにモジュール化することは容易ではなかった。光軸調整が困難である場合、製品コストの低減にも支障をきたすことになる。

【0010】さらに、最近では、WDMのチャンネル数の

増加にともなう光送受信装置の規模の増大を抑えるために、光モジュールの一層の小型化が要求されている。ところが、レーザダイオードとともに文献2に記載の波長安定化装置をモジュール化したのでは、光モジュールの十分な小型化は望めない。

【0011】本発明は、上記のような問題点に鑑みてなされたものであり、その目的は、小型であって、光源から出力された光の波長および光強度を高精度に検出することが可能な光モニタ、光フィルタ、およびこれらが組み込まれた光モジュールを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、本発明によれば、光源から出力された光を少なくとも第1光と第2光に所定の比率で分岐させる光分岐手段と、第1光が入射され、所定の波長の光を透過させる光フィルタと、光フィルタを透過した透過光を受光する第1受光素子と、第2光を受光する第2受光素子とを備えたことを特徴とする光モニタが提供される(請求項1)。かかる構成によれば、第1光の所定波長の強度(光フィルタの透過光の強度)が第1受光素子によって検出され、第2光の強度が第2受光素子によって検出される。これらの検出結果に基づいて、光源から出力された光の強度と波長を算出することが可能となる。

【0013】光フィルタに対する第1光の入射角が0°よりも大きくなるように光フィルタを配置すれば(請求項2)、光フィルタの受光面において第1光が反射しても、反射光と第1光との干渉は防止される。

【0014】光分岐手段は、コアを含む光導波路部であることが好ましい。そして、このコアは、光源から出力された光が導入される導入端と、導入された光を第1光と第2光に分岐させる分岐部と、第1光を射出する第1射出端と、第2光を射出する第2射出端とを有する(請求項3)。かかる構成によれば、厳密な光軸調整をすることなく、光源から出力された光を分岐部において的確に分岐させ、第1光および第2光を得ることが可能となる。そして、光モニタの組み立ても容易化される。光源から出力された光を拡大し、第1光および第2光を含む拡大光を射出する光拡大レンズで光分岐手段を構成することも可能である(請求項13)。

【0015】本発明によれば、光導波路部は、光フィルタの入射面で反射した第1光の反射光が導入される反射光用コアを有する(請求項4)。この反射光用コアによって反射光は、光の影響を受ける装置が存在しない空間に導かれることになる。したがって、光のモニタリングの精度を向上させることが可能となる。

【0016】本発明によれば、光導波路と、光導波路を構成するコアの一方または両方の端面を覆い、所定の波長の光を透過させるフィルタ膜とから構成された光フィルタが提供される(請求項5、18)。この光フィルタによれば、透過光は、拡散することなく第1受光素子に

到達する。また、光フィルタを、第1射出端を覆うフィルタ膜とすれば（請求項6）、極めて薄い構造の光フィルタが得られる。

【0017】本発明によれば、光源と、上述の光モニタと、光源と光分岐手段を結合する光結合手段とを同一基板上に備えたことを特徴とする光モジュールが提供される（請求項7）。また、本発明によれば、光源と、光モニタと、光源と光分岐手段を結合する光結合手段とから成る光装置群を複数、同一基板上に備えたことを特徴とする光モジュールが提供される（請求項8）。かかる構成によれば、光モジュールの小型化が実現する。そして、光結合手段として光ファイバまたは光導波路を採用することが可能である（請求項9、10）。

【0018】光源が半導体レーザである場合、第1光および第2光をこの半導体レーザのバック光から得るようにしてもよい（請求項11、12、16、17）。これによってフロント光は、モニタリングのために分岐させることなく、例えば光通信の搬送波として効率よく使用されることになる。

【0019】本発明によれば、光源から出力された光の光路に配置された受光素子と、光源から出力された光が入射される第1位置と、光源から出力された光が入射されない第2位置との間を移動可能な光フィルタと、光フィルタが第1位置にある場合、光フィルタを透過した所定波長の透過光を受光し、光フィルタが第2位置にある場合、光源から出力された光を直接受光する受光素子とを備えたことを特徴とする光モニタが提供される（請求項13）。かかる構成によれば、一つの受光素子によって、光源から出力された光の強度と、光フィルタを通過した所定の波長の光の強度をともに検出することが可能となる。さらに発明によれば、光源と、この光モニタとを備え、小型化が図られた光モジュールが提供される（請求項14）。

【0020】

【発明の実施の形態】以下に添付図面を参照しながら、本発明にかかる光モニタ、光フィルタ、およびこれらが組み込まれた光モジュールの好適な実施の形態について詳細に説明する。なお、以下の説明および添付された図面において、略同一の機能および構成を有する構成要素については、同一符号を付することによって重複説明を省略する。

【0021】〔第1の実施の形態〕本発明の第1の実施の形態にかかる光モニタ1の構成を図1に示す。この光モニタ1は、Y分岐されたコア16を有する光導波路部（PLC: Planar Lightwave Circuit）10、シリコン基板20、フィルタブロック30、光ファイバ40、第1フォトダイオードPD1（第1受光素子）、および第2フォトダイオードPD2（第2受光素子）を備えている。コア16の入力側の端部16a（導入端）は、V溝に固定されている光ファイバ40と光学的に接続されている。

また、コア16の出力側の一方の端部16b（第1射出端）は、フィルタブロック30と光学的に接続されており、他方の端部16c（第2射出端）は、第2フォトダイオードPD2と光学的に接続されている。なお、図1中に示したように、シリコン基板20の高さ（厚さ）方向をZ軸方向、平面方向をX軸方向、Y軸方向として以下説明する。

【0022】図2は、光モニタ1が組み込まれた光モジュール101を示す。この光モジュール101は、光モニタ1、レーザダイオードLD、光ファイバ110、120、カブラ130、計算回路140、制御回路150、APC回路（Auto Power Control Circuit）160、およびATC回路（Auto Temperature Control Circuit）170を備える。

【0023】光モジュール101の各構成要素の機能およびそれぞれの接続関係を説明する。

【0024】レーザダイオードLDから出力されたレーザ光は、光ファイバ110を経由してカブラ130に入力される。ここでレーザ光は、例えば5:95に分岐される。95%の光は、光ファイバ120に導かれ、例えば光通信回路、光測定回路等に送られる。一方、5%の光は、光ファイバ40を経由して、光モニタ1に備えられた光導波路部10のコア16に導かれる。

【0025】コア16のY分岐部において、光は所定の比率（例えば、50:50）に分岐される。分岐された一方の光は、フィルタブロック30を経由して第1フォトダイオードPD1に入力される。分岐された他方の光は、第2フォトダイオードPD2に入力される。

【0026】ところで、コア16から光フィルタ30を介して第1フォトダイオードPD1に光が入射される際、その光の一部は光フィルタ30の受光面で反射する。同様に、コア16から第2フォトダイオードPD2に光が入射される際、その光の一部は第2フォトダイオードPD2の受光面で反射する。光モニタ1は、それぞれで反射した光がコア16に再び入射されないように、光導波路部10に対するフィルタブロック30、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2の位置および相対角度が調整されている。図3を用いて説明する。

【0027】図3（a）は、光モニタ1の縦断面を示す。ここではコア16が光導波路部10の表面から20μmの深さに形成されているものとする。この場合、光が射出される光導波路部10の端面と光が入射されるフィルタブロック30の端面との距離は200μmに調節される。さらに、図3（b）に示すように、フィルタブロック30は、フィルタブロック30の端面がZ軸に対して5°の傾きを持つよう角度調節される。このように、フィルタブロック30の位置および角度が調整されることによって、フィルタブロック30の端面で反射した光は、光導波路部10の上方空間に向けて進むことに

なる。すなわち、フィルタブロック30からコア16への反射光の戻りが防止される。

【0028】同様に、第2フォトダイオードPD2も、その端面と光導波路部10の端面との距離が200 μ mとなるように位置調整され、さらに第2フォトダイオードPD2の端面がZ軸に対して5°の傾きを持つよう角度調節される。このように、第2フォトダイオードPD2の位置および角度が調整されることによって、第2フォトダイオードPD2の端面で反射した光は、光導波路部10の上方空間に向けて進むことになる。すなわち、第2フォトダイオードPD2からコア16への反射光の戻りが防止される。

【0029】フィルタブロック30は、ある狭い波長範囲に属するスペクトルのみを取り出す特性を有する。そして、その波長範囲は、レーザダイオードLDに要求されている出力光の波長に合致するように選択されている。光導波路部10のコア16から出力された光は、フィルタブロック30を経由するため、第1フォトダイオードPD1には、フィルタブロック30によってフィルタリングされた波長の光のみが入射される。このようにして第1フォトダイオードPD1は、光導波路部10のコア16からフィルタブロック30を経由して入射された光を検出し、その検出結果を電圧信号V1に変換して出力する。

【0030】一方、第2フォトダイオードPD2は、光導波路部10のコア16から出力された光を直接的に受光し、その強度を検出する。そして、検出結果を電圧信号V2に変換して出力する。

【0031】第1フォトダイオードPD1から出力された電圧信号V1と第2フォトダイオードPD2から出力された電圧信号V2は、計算回路140に入力される。計算回路140は、 $(V2 - V1) / V2 = S$ を算出する。この計算値Sと電圧信号V2は、制御回路150に伝達される。

【0032】制御回路150には、予めレーザダイオードLDの出力光の強度目標値と電圧信号V2との関数、およびレーザダイオードLDの出力光の波長目標値と計算値Sとの関数がセットされている。制御回路150は、これらの関数と、計算回路140から伝達された電圧信号V2および計算値Sとを用いて、その時点でのレーザダイオードLDの出力光の強度と波長を特定する。そして、制御回路150は、APC回路160およびATC回路170を用いて、出力光の強度と波長が目標値(設計値)に一致するようにリアルタイムにレーザダイオードLDを制御する。以上のようにして、光モジュール101から外部の光装置に対して、強度および波長が安定したレーザ光が供給されることになる。

【0033】次に、図4を用いて、光導波路部10の製造工程について説明する。

【0034】まず、プラズマ化学気相成長装置を用い

て、シリコン基板20の上に石英膜を堆積させ、下部クラッド層11を形成する(図4(a), (b))。具体的にこの工程を説明する。

【0035】プラズマ化学気相成長装置のチャンバ内の基板ステージに、洗浄したシリコン基板20を設置し、このシリコン基板20を400℃に加熱する。チャンバ内をロータリポンプを用いて1Paまで排気する。続いて、ターボ分子ポンプを用いて 1×10^{-5} Paまで排気する。

【0036】TRIES(トリエトキシシラン)またはTEOSを12sccm、酸素を400sccm、TMB(トリメトキシボロン)を6sccm、TMP(トリメトキシリン)を1sccmの流量で、上部電極からチャンバ内に導入する。予め、TRIESまたはTEOSは80℃として、TMBおよびTMPは38℃として気化させておく。なお、TMBおよびTMPは、下部クラッド層11および後述の上部クラッド層19の屈折率を、Geがドーブされたコア16の屈折率に対して0.5%程度小さくするために用いられる。

【0037】チャンバ内の圧力を30Paに保持し、13.56MHzの高周波を上部電極と基板ステージの間に電力密度 1.6 W/cm^2 で印加する。これによって、チャンバ内にプラズマが発生し、2時間12分でシリコン基板20上に膜厚約25 μ mの石英膜(下部クラッド層11)が堆積する。この下部クラッド層11は、波長1.3 μ mの光に対して屈折率1.4465の特性を有する。

【0038】次に、プラズマ化学気相成長装置を用いて、下部クラッド層11の上に石英膜を堆積させ、後の工程でコア16とされるコア層16'を形成する(図4(c))。具体的にこの工程を説明する。

【0039】下部クラッド層11が形成されたシリコン基板20を400℃に加熱する。ここでターボ分子ポンプを用いて、チャンバ内を 1×10^{-3} Paまで排気する。

【0040】TRIESまたはTEOSを12sccm、TMGを1sccm、酸素を400sccmの流量で、上部電極からチャンバ内に導入する。

【0041】チャンバ内を30Paに保持し、13.56MHzの高周波を上部電極と基板ステージの間に電力密度 1.6 W/cm^2 で印加する。これによって、チャンバ内にプラズマが発生し、50分で下部クラッド層11上に膜厚約8 μ mの石英膜(コア層16')が堆積する。このコア層16'は、波長1.3 μ mの光に対して屈折率1.4538の特性を有する。

【0042】チャンバ内を排気し、さらに、窒素ガスを導入しチャンバ内を大気圧とした後、シリコン基板20を取り出す。

【0043】次に、高周波スパッタリング法によって、コア層16'の上に膜厚1 μ mのWSix膜17を形成

する。そして、WSi膜17の上にレジストを塗布し、コア層16'からコア16を成形するためのパターンでレジスト膜18を露光/現像する(図4(d))。

【0044】反応性イオンエッチング装置のチャンバ内に、コア16のパターンで露光/現像されたレジスト膜18を有するシリコン基板20を設置する。ロータリポンプによってチャンバ内を1Paまで排気した後、ターボ分子ポンプによって 1×10^{-3} Paまで排気する。

【0045】次に、 Cl_2 ガスをチャンバ内に100 sccmの流量で導入する。

【0046】チャンバ内を2Paに保持し、13.56 MHzの高周波を上部電極と基板ステージの間に電力密度 $1 W/cm^2$ で印加する。これによって、チャンバ内にプラズマが発生し、レジスト膜18をマスクとしてWSi膜17がエッチングされる。20分後に高周波の放電および Cl_2 ガスの導入を停止し、ロータリポンプとターボ分子ポンプを順に用いて、チャンバ内を 1×10^{-3} Paまで排気する。

【0047】次に、 CHF_3 ガスをチャンバ内に100 sccmの流量で導入する。

【0048】チャンバ内を2Paに保持し、13.56 MHzの高周波を上部電極と基板ステージの間に電力密度 $1 W/cm^2$ で印加する。これによって、チャンバ内にプラズマが発生し、WSi膜17をマスクとしてコア層16'がエッチングされ、コア16が形成される。60分後に高周波の放電および CHF_3 ガスの導入を停止し、ロータリポンプとターボ分子ポンプを順に用いて、チャンバ内を 1×10^{-3} Paまで排気する。

【0049】窒素ガスを導入しチャンバ内を大気圧とした後、シリコン基板20を取り出す。

【0050】酸素プラズマアッシャ法と、これに続く溶液(85℃、硫酸:過酸化水素=3:1)を用いての洗浄とによって、レジスト膜18が剥離除去される。さらに、純水を用いてシリコン基板20を洗浄する。以上の工程によって、Y分岐部を有するコア6(線幅6 μm、高さ6 μm)が形成される(図4(e))。

【0051】次に、プラズマ化学気相成長装置を用いて、下部クラッド層11およびコア16の上に石英膜を堆積させ、上部クラッド層19を形成する(図4(f))。具体的にこの工程を説明する。

【0052】プラズマ化学気相成長装置のチャンバ内の基板ステージに、コア16が形成されたシリコン基板20を設置する。

【0053】TRIESまたはTEOSを12 sccm、TMBを6 sccm、TMPを1 sccm、酸素を400 sccm、Arを400 sccmの流量で、上部電極からチャンバ内に導入する。

【0054】チャンバ内の圧力を30 Paに保持し、13.56 MHzの高周波を上部電極と基板ステージの間に電力密度 $1.6 W/cm^2$ で印加する。これによ

て、チャンバ内にプラズマが発生し、84分で下部クラッド層11およびコア16の上に、BおよびPが添加された膜厚約15 μmの石英膜(BPSG、上部クラッド層19)が堆積する。この上部クラッド層19は、波長1.3 μmの光に対して屈折率1.4465の特性を有する。

【0055】上部クラッド層19が形成されたシリコン基板20を石英製の横型炉内にセットし、酸素雰囲気、30分間、約900℃の条件で加熱する。なお、横型炉は、予め400℃に調整されており、シリコン基板20をセットした後、900℃まで毎分5℃の割合で昇温させる。また、900℃から400℃までは、毎分2℃の割合で降温させる。400℃まで炉内温度が低下したところでシリコン基板20を取り出す。ここで光導波路部10が完成する。

【0056】以上説明したように、本実施の形態にかかる光モニタ1によれば、平面的に構成された光導波路部10が備えられ、この光導波路部10に対して、光ファイバ40、第1フォトダイオードPD1、第2フォトダイオードPD2、およびフィルタブロック30等が、カブラ、タップ、あるいはコネクタ等を用いずにいわば2次元的に接続される。かかる構成によって、従来の光モニタと比べても飛躍的に小型化された光モニタ1が提供されることになる。具体的には、本実施の形態にかかる光モニタ1は、10 mm×10 mmのサイズでの製品化が可能である。これに対して、この光モニタ1と同等機能の従来の光モニタは、約40 mm×20 mmのサイズが最小限度であった。すなわち、本実施の形態にかかる光モニタ1は、従来の光モニタに対して体積比で1/8のコンパクト化が達成されている。そして、光モニタ1を組み込むことによって、光モジュール101も小型化される。

【0057】また、本実施の形態にかかる光モニタ1によれば、光導波路部10に形成されたコア16のY分岐部において、光は所定の比率(例えば、50:50)に分岐される。分岐比が50:50の場合、フィルタブロック30の透過率をTとすると、第1フォトダイオードPD1が出力する電圧信号V1と第2フォトダイオードPD2が出力する電圧信号V2の関係は次式で表される。

$$【0058】V1 = T \cdot V2 / 100$$

【0059】したがって、計算回路140が算出する計算値Sは、

$$【0060】$$

$$S = (V2 - V1) / V2 = 1 - T / 100$$

【0061】となる。このように、計算値Sは、レーザダイオードLDの出力光の強度に依存せず、フィルタブロック30の透過率Tのみの関数で表されることになり、レーザダイオードLDの出力光の波長を高精度にモニタすることが可能となる。第2フォトダイオードPD

2が出力する電圧信号V2と計算回路140が出力する計算値SをA/D変換して、例えばパソコンやDSP(Digital Signal Processor)によって処理すれば、フィルタブロック30の特性を正確に捉えることが可能となる。この結果、より精度の高いレーザダイオードLDの制御が実現する。

【0062】さらに、フィルタブロック30に例えばサーミスタを取り付けて、フィルタブロック30の温度をモニタするようにしてもよい。これによって、フィルタブロック30の温度による特性ばらつきを的確に補正することが可能となり、レーザ光の正確な波長データが得られることになる。

【0063】以上のように、本実施の形態にかかる光モニタ1によれば、レーザダイオードLDの出力光の強度および波長が正確にモニタリングされるため、この光モニタ1が組み込まれた光モジュール101からは強度および波長が高精度に調整されたレーザ光が出力されることになる。

【0064】[第2の実施の形態]ここでは、第1の実施の形態にかかる光モニタ1に備えられたフィルタブロック30の詳細と、光導波路部10の他の形態について説明する。

【0065】まず、フィルタブロック30の構造について、図5を用いて説明する。なお、図5(a)は、フィルタブロック30の完成品の斜視図であり、図5(b)は、フィルタブロック30の構造を説明するために完成品から誘電体多層膜37を除いたフィルタブロック30の斜視図である。

【0066】フィルタブロック30は、図5(a)に示すように、石英基板31、光導波路部33、および誘電体多層膜37から構成されている。

【0067】フィルタブロック30を製造するためには、まず、所定の大きさの石英基板31の上に、図4に示した光導波路部10の製造方法と略同一の方法によって、コア35を有する光導波路部33を形成する。次に、図5(b)に示すように、コア35が光導波路部33の中央に位置するように、光導波路部33が積層された石英基板31をコア35の長手方向で切断する。さらに、コア35の長手に直交する方向で石英基板31を切断し、コア35の両端面を露出させる。以上の切断工程によって、500×1000×500μmのサイズの直方体が出来上がる。

【0068】その直方体に対して、図5(a)に示すように、コア35の一方の端面を覆う誘電体多層膜37を形成する。ここでフィルタブロック30が完成する。なお、コア35の一方の端面とともに他方の端面に誘電体多層膜37を形成してもよい。

【0069】従来の光モニタには、透過させる光の波長に対して透明な石英基板に屈折率の異なる層を真空蒸着法を用いて積層させて成る波長フィルタが備えられてい

た。この従来の波長フィルタを本実施の形態にかかるフィルタブロック30に代えて、第1の実施の形態にかかる光モニタ1に採用した場合、光導波路部10から射出された光は、波長フィルタを通過した後に拡散してしまい、第1フォトダイオードPD1での受光率が低くなるおそれがある。この点、本実施の形態にかかるフィルタブロック30によれば、フィルタブロック30に入射された光は、フィルタとしての誘電体多層膜37およびこの誘電体多層膜37に直接続されたコア35を経由して第1フォトダイオードPD1に導かれることになる。したがって、フィルタブロック30と第1フォトダイオードPD1との間のパス(経路)における光損失が少なく、レーザダイオードLDの出力光の波長を高精度にモニタすることが可能となる。

【0070】次に、第1の実施の形態にかかる光モニタ1に備えられた光導波路部10と異なる形態の光導波路部50の構成と、この光導波路部50とフィルタブロック30の接続方法について、図6、図7を用いて説明する。

【0071】光導波路部50は、図6に示すように、第1の実施の形態にかかる光モニタ1に備えられた光導波路部10に対して反射光用コア51が追加された構成を有するものであって、その他の構成および機能は略同一のものである。なお、図6中に示したように、シリコン基板20の高さ(厚さ)方向をZ軸方向、平面方向をX軸方向、Y軸方向として以下説明する。

【0072】フィルタブロック30は、誘電体多層膜37が光導波路部50側に位置するように方向が決められ、例えば紫外線硬化型接着剤によって光導波路部50に固定される。これによって、フィルタブロック30が備えるコア35と、光導波路部50が備えるコア16が光学的に接続される。

【0073】さらに、フィルタブロック30は、図7に示すように、その入射面(誘電体多層膜37)がY軸に対して5°の傾きを持つよう角度調節されている。したがって、コア16からフィルタブロック30への入射光は、誘電体多層膜37に対して5°の入射角を有することになる。このように、入射光が誘電体多層膜37に対して5°の入射角を有するため、誘電体多層膜37を透過する透過光の他、入射光と10°の角度をなす反射光(反射角5°)が生じる。光導波路部50は、この反射光の向きに延びる反射光用コア51を備えており、反射光は、反射光用コア51によって光の影響を受けるデバイスが存在しない空間(図6では、フィルタブロック30からみて光導波路部50の反対側)へ導かれる。

【0074】以上のように、フィルタブロック30と光導波路部50を接続することによって、フィルタブロック30の入射面における反射光をコア16に戻すことなく他方向へ逃がすことが可能となる。したがって、反射光が光源側に戻ることによって発生するおそれのある光

の干渉が防止される。

【0075】ところで、第1の実施の形態にかかる光モジュール1では、フィルタブロック30は、その端面がZ軸に対して5°の傾きを持つよう角度調節されており、フィルタブロック30の端面で反射した光は、光導波路部10の上方空間に向けて進むことになり、コア16に戻ることはない。かかる構成によれば、本実施の形態と同様に、レーザダイオードLDから出力されたレーザ光との干渉が防止される。ただし、光導波路部10の上方に空間が確保できない場合などには、本実施の形態を採用することが好ましい。なお、フィルタブロック30とY軸（またはZ軸）との角度は、5°に限定されるものではなく、1~45°の中から選択可能である。

【0076】フィルタブロック30と光導波路部50に代えて、図8に示した光導波路部60を採用してもよい。

【0077】この光導波路部60は、第1フォトダイオードPD1に対して光が射出される端面がY軸に対して5°の傾きを持つよう角度調節されている。そして、この端面には誘電体多層膜61がコーティングされている。したがって、コア16から誘電体多層膜61への入射光は、5°の入射角を有することになる。このように、入射光が誘電体多層膜61に対して5°の入射角を有するため、誘電体多層膜61を透過し第1フォトダイオードPD1に達する透過光の他、入射光と10°の角度をなす反射光（反射角5°）が生じる。光導波路部60は、この反射光の向きに延びる反射光用コア51を備えており、反射光は、反射光用コア51によって光の影響を受けるデバイスが存在しない空間（図8では、誘電体多層膜61からみて光導波路部60の反対側）へ導かれる。

【0078】以上のように、光導波路部60によれば、誘電体多層膜を有するフィルタブロックを必要としないため、より一層コンパクトな光モニタが提供されることになる。

【0079】〔第3の実施の形態〕本発明の第3の実施の形態にかかる光モジュール301を図9に示す。この光モジュール301は、シリコン基板320、このシリコン基板320上に形成された光導波路部310を備えている。

【0080】光導波路部310は、図4に示した光導波路部10の製造方法と略同一の方法によって形成され、コア311、コア312、およびコア313を有する。また、光導波路部310には、コア311に光学的に接続されたレーザダイオードLDが搭載されている。このレーザダイオードLDは、モード変換機能を有しており、コア311との光結合における低損失化が図られている。さらに、コア311には、レーザダイオードLDから出力された光が再びレーザダイオードLDに戻らないようにアイソレータ317が挿設されている。

【0081】コア312とコア313は、方向性結合器315を介して、コア311に接続されている。この方向性結合器315は、コア311からの光を所定の比率に分割してコア312およびコア313に伝送するものである。例えば、コア311の光の95%がコア312に導入され、5%がコア313に導入される。

【0082】コア313は、Y分岐部を有している。この分岐部において、光は所定の比率（例えば、50:50）に分岐される。分岐された一方の光は、フィルタブロック30を経由して第1フォトダイオードPD1に入力される。また、分岐された他方の光は、第2フォトダイオードPD2に入力される。このように、本実施の形態にかかる光モジュール301には、コア313、フィルタブロック30、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2によって構成された光モニタ303が備えられている。この光モニタ303は、上述の光モニタ1と略同一の機能・構成を有するものである。

【0083】シリコン基板320の外部（あるいは、シリコン基板320上）には、計算回路140、制御回路150、APC回路160、ATC回路170、およびレーザダイオードLDを駆動するLD駆動回路330が備えられている。

【0084】以上のように構成された本実施の形態にかかる光モジュール301の動作を説明する。

【0085】レーザダイオードLDは、LD駆動回路330によって駆動され、モード変換機能によってシングルモードに変換されたレーザ光をコア311に対して出力する。コア311に導入されたレーザ光は、アイソレータ317を経由して方向性結合器315に到達し、ここで95:5に分割される。95%の光は、コア312に接続された光ファイバ340を経由して外部の光装置（図示せず）に伝送される。5%の光は、コア313に導入され、そのY分岐部でさらに50:50に分岐される。分岐された一方の光は、フィルタブロック30を経由して第1フォトダイオードPD1に入力される。また、分岐された他方の光は、第2フォトダイオードPD2に入力される。

【0086】第1フォトダイオードPD1は、光導波路部310のコア313からフィルタブロック30を経由して入射された光の強度を検出し、検出結果を電圧信号V1に変換して出力する。

【0087】一方、第2フォトダイオードPD2は、光導波路部310のコア313から出力された光を直接的に受光してその強度を検出し、検出結果を電圧信号V2に変換して出力する。

【0088】第1フォトダイオードPD1から出力された電圧信号V1と第2フォトダイオードPD2から出力された電圧信号V2は、計算回路140に入力される。計算回路140は、 $(V2 - V1) / V2 = S$ を算出す

る。この計算値 S と電圧信号 V2 は、制御回路 150 に伝達される。

【0089】制御回路 150 には、予めレーザダイオード LD の出力光の強度目標値と電圧信号 V2 との関数、およびレーザダイオード LD の出力光の波長目標値と計算値 S との関数がセットされている。制御回路 150 は、これらの関数と、計算回路 140 から伝達された電圧信号 V2 および計算値 S とを用いて、その時点でのレーザダイオード LD の出力光の強度と波長を特定する。そして、制御回路 150 は、APC 回路 160 および ATC 回路 170 を用いて、出力光の強度と波長が目標値（設計値）に一致するようにリアルタイムにレーザダイオード LD を制御する。以上のようにして、光モジュール 301 から外部の光装置に対して、強度および波長が安定したレーザ光が供給されることになる。

【0090】以上のように、本実施の形態にかかる光モジュール 301 は、光の強度および波長を正確にモニタリングする光モニタ 303 を備えているため、強度および波長が高精度に調整された光をレーザダイオード LD によって生成し、外部に対して出力することが可能となる。

【0091】また、光モニタ 303 とレーザダイオード LD は、シリコン基板 320 上に集積化され、光導波路部 310 において光学的に結合されているため、光モジュール 301 の小型化が実現されている。

【0092】図 2 に示した光モジュール 101 において、レーザダイオード LD は光ファイバ 110 に接続されているが、両者の接続に関しては、3 次元的な位置合わせが必要となり組み立てが容易とは言えない。この点、本実施の形態にかかる光モジュール 301 によれば、レーザダイオード LD は、平面方向への位置合わせを行うだけで光導波路部 310 に形成されたコア 311 に光学的に接続される。したがって、組み立て工数の削減、製品の品質向上が可能となる。また、光モニタ 303 は、一連の工程において、レーザダイオード LD の周辺回路とともに製造されるため、製造コストの低減が実現する。

【0093】なお、レーザダイオード LD として、ファブリ・ペロー (Fabry-Perot) タイプの他、DFB (Distributed FeedBack) レーザダイオード、あるいは、EA (Electrical Absorption) レーザダイオード等を採用することができる。

【0094】ところで、図 9 に示したように、光モジュール 301 では、レーザダイオード LD のフロント光が分岐され、その分岐光が光モニタ 303 によってモニタリングされているが、バック光をモニタリングするにしてもよい。

【0095】レーザダイオード LD のバック光をモニタリングする光モニタ 353 を備えた光モジュール 351 および光モジュール 352 をそれぞれ図 10、図 11 に

示す。

【0096】図 10 に示した光モジュール 351 は、シリコン基板 370 と、このシリコン基板 370 上に形成された光導波路部 360 を備えている。この光導波路部 360 は、図 4 に示した光導波路部 10 の製造方法と略同一の方法によって形成されており、コア 363 を有する。

【0097】シリコン基板 370 には、レーザダイオード LD が搭載されている。レーザダイオード LD のフロント光出力部は、光ファイバ 340 と光学的に接続されている。また、レーザダイオード LD のバック光出力部は、光ファイバ 380 を介してコア 363 に光学的に接続されている。なお、光ファイバ 340 と光ファイバ 380 はそれぞれ、シリコン基板 370 に形成された V 溝に敷設されている。

【0098】光導波路部 360 に形成されたコア 363 は、Y 分岐部を有している。この分岐部において、レーザダイオード LD のバック光は所定の比率（例えば、50 : 50）に分岐される。分岐された一方の光は、フィルタブロック 30 を経由して第 1 フォトダイオード PD1 に入力される。また、分岐された他方の光は、第 2 フォトダイオード PD2 に入力される。このように、光モジュール 351 には、コア 363、フィルタブロック 30、第 1 フォトダイオード PD1、および第 2 フォトダイオード PD2 によって構成された光モニタ 353 が備えられている。この光モニタ 353 は、上述の光モニタ 1 と略同一の機能・構成を有するものである。

【0099】シリコン基板 370 の外部（あるいは、シリコン基板 370 上）には、計算回路 140、制御回路 150、APC 回路 160、ATC 回路 170、およびレーザダイオード LD を駆動する LD 駆動回路 330 が備えられている（図示せず）。

【0100】一方、図 11 に示した光モジュール 352 は、光モジュール 351 と同様に、シリコン基板 370 と、このシリコン基板 370 上に形成された光導波路部 360 を備えている。

【0101】シリコン基板 370 には、レーザダイオード LD が搭載されている。レーザダイオード LD のフロント光出力部は、光ファイバ 340 と光学的に接続されている。また、レーザダイオード LD のバック光出力部は、光モジュール 351 と異なり、光ファイバを介さず、コア 363 に直接的に接続されている。

【0102】光モジュール 352 のその他の構成については、光モジュール 351 と略同一である。なお、光モジュール 352 において、レーザダイオード LD は、シリコン基板 370 上に搭載されているが、図 9 に示した第 3 の実施の形態にかかる光モジュール 301 のように、レーザダイオード LD を光モニタ 353 とともに光導波路部 360 上に搭載してもよい。

【0103】以上の光モジュール 351、352 によれ

ば、レーザダイオードLDのバック光をモニタリングすることが可能となる。つまり、レーザダイオードLDの出力光の強度および波長をモニタリングするために、例えば光通信の搬送波として用いられるフロント光を分岐してモニタリングする必要がなくなる。したがって、第3の実施の形態にかかる光モジュール301と同様の効果が得られるとともに、レーザダイオードLDの出力光を光通信等に効率的に用いることが可能となる。

【0104】【第4の実施の形態】本発明の第4の実施の形態にかかる光モジュール401を図12に示す。この光モジュール401は、シリコン基板420、このシリコン基板420上に形成された光導波路部410を備えている。

【0105】光導波路部410には、4個のレーザダイオードLD-1、LD-2、LD-3、LD-4が搭載されている。レーザダイオードLD-1～LD-4はそれぞれ、コア311-1～311-4に接続されている。各コア311-1～311-4は、方向性結合器（図示せず）を介して、コア312-1～312-4およびコア313-1～313-4に接続されている。各方向性結合器は、コア311-1～311-4からの光を所定の比率に分割してコア312-1～312-4およびコア313-1～313-4に伝送するものである。例えば、コア311-1の光の95%がコア312-1に導入され、5%がコア313-1に導入される。なお、コア311-1～311-4、コア312-1～312-4、およびコア313-1～313-4は、図4に示した光導波路部10のコア16の製造方法と略同一の方法によって光導波路部410に形成される。

【0106】コア313-1～313-4にはそれぞれ、光モニタ303-1～303-4が接続されている。これら光モニタ303-1～303-4は、上述の光モニタ1、303と略同一の機能・構成を有するものである。各光モニタ303-1～303-4は、フィルタブロック30、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2（図示せず）を備えている。なお、シリコン基板420は、フィルタブロック30、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2を設置するために、所定の個所が例えば300μmの深さでエッチングされている。

【0107】シリコン基板420上（あるいは、シリコン基板420の外部）には、計算回路440、例えばDSPで構成された制御回路450、各レーザダイオードLD-1～LD-4に対応するAPC回路160-1～160-4、ATC回路170-1～170-4、およびLD駆動回路330-1～330-4が備えられている。例えば、レーザダイオードLD-1、光モニタ303-1、コア311-1、313-1は、一つの光装置群を構成する。すなわち、光モジュール401は、4つの光装置群を備えている。

【0108】以上のように構成された本実施の形態にかかる光モジュール401の動作を説明する。

【0109】各レーザダイオードLD-1～LD-4は、LD駆動回路330-1～330-4によって駆動され、モード変換機能によってシングルモードに変換されたレーザ光をコア311-1～311-4に対して出力する。ここでは、各レーザダイオードLD-1～LD-4から出力されるレーザ光は、それぞれ異なる波長に調整されている。

【0110】コア311-1～311-4に導入された光はそれぞれ、方向性結合器において95:5に分割される。95%の光は、コア312-1～312-4に接続された光ファイバ340-1～340-4を経由して外部の光装置（図示せず）に伝送される。5%の光はそれぞれ、コア313-1～313-4を経由して光モニタ303-1～303-4に導入される。

【0111】各光モニタ303-1～303-4は、上述の光モニタ1、303と同様に、導入された光を内蔵する第1フォトダイオードPD1および第2フォトダイオードPD2によってモニタリングし、その結果を電圧信号V1および電圧信号V2として計算回路440に対して出力する。計算回路440は、光モニタ303-1～303-4毎に $(V2-V1)/V2=S$ を算出する。この計算値Sと電圧信号V2は、制御回路450に伝達される。

【0112】制御回路450には、予め各レーザダイオードLD-1～LD-4の出力光の強度目標値と電圧信号V2との関数、およびレーザダイオードLDの出力光の波長目標値と計算値Sとの関数がセットされている。制御回路450は、これらの関数と、計算回路440から伝達された電圧信号V2および計算値Sとを用いて、その時点での各レーザダイオードLD-1～LD-4の出力光の強度と波長を特定する。そして、制御回路450は、APC回路160-1～160-4およびATC回路170-1～170-4を用いて、出力光の強度と波長が目標値（設計値）に一致するようにリアルタイムに各レーザダイオードLD-1～LD-4を制御する。以上のようにして、光モジュール401から外部の光装置に対して、強度および波長が安定した4種類のレーザ光が供給されることになる。

【0113】以上のように、本実施の形態にかかる光モジュール401によれば、複数のレーザダイオードLD-1～LD-4が一つのシリコン基板420上に搭載されているため、極めて小型のWDM送信モジュールが提供されることになる。

【0114】また、一の制御回路450によって、各レーザダイオードLD-1～LD-4から出力される波長の異なるレーザ光についての強度制御および波長制御が行われるため、各レーザダイオードLD-1～LD-4からの出力光の強度を一定とすることが容易となる。

【0115】さらに、あるレーザダイオードに動作不良が発生した場合、予備のレーザダイオードに迅速に切り替えることが可能となる。

【0116】なお、本実施の形態にかかる光モジュール401は、4つのレーザダイオードLD-1～LD-4を備え、4種類の波長の光を出力するように構成されているが、レーザダイオードの数を増減させ、他の波長数に対応させることも可能である。また、本実施の形態にかかる光モジュール401は、各レーザダイオードLD-1～LD-4から出力されたレーザ光が光ファイバ340-1～340-4に導入されるように構成されているが、各レーザダイオードLD-1～LD-4の出力部に、例えばAWG（合分波器）などの導波路型フィルタを結合させて集積化することも可能である。

【0117】〔第5の実施の形態〕本発明の第5の実施の形態にかかる光モジュール501を図13に示す。この光モジュール501は、パッケージ903内部に、ステージ905、レーザダイオードLD、第1フォトダイオードPD1、第2フォトダイオードPD2、光エキスパンダ（光拡大レンズ：シリンドリカルレンズ）510、フィルタ530、サーミスタ911、およびサーモエレクトリック（T/E）クーラ913を備えている。この中で、第1フォトダイオードPD1、第2フォトダイオードPD2、光エキスパンダ510、およびフィルタ530は、ステージ905の所定位置に配されており、光モニタを構成している。

【0118】また、光モジュール501は、レーザダイオードLDのフロント光出力端にファイバ・ブラッグ・グレーティング915を備えており、レーザダイオードLDの発振波長の安定化が図られている。レーザダイオードLDの出力光（フロント光）は、光ファイバ921を経由して外部の光装置（図示せず）に伝送される。

【0119】図14は、光モジュール501のパッケージ903内を上方からみた平面図である。ここに示すようにレーザダイオードLDのバック光は、光エキスパンダ510によって横方向（平面方向）に拡大される。

【0120】フィルタ530、第1フォトダイオードPD1、および第2フォトダイオードPD2は、光エキスパンダ510によって拡大された光（拡大光）の光路上に配置されている。フィルタ530は、波長に応じて光の透過量が異なる特性を有しており、例えば、誘電体多層膜フィルタ、エタロンフィルタ、またはファイバ・ブラッグ・グレーティング等で構成されている。

【0121】拡大光の一部（例えば50%）は、フィルタ530を介して第1フォトダイオードPD1に到達し、他の一部（例えば50%）は、第2フォトダイオードPD2に直接到達する。

【0122】第2フォトダイオードPD2は、拡大光の一部を受光し、その強度に応じた電圧信号V2を出力する。一方、第1フォトダイオードPD1は、フィルタ5

30を介して、拡大光の一部のさらに所定波長の光のみを受光し、その強度に応じた電圧信号V1を出力する。そして、電圧信号V1、V2は、例えばDSPから構成された制御装置（図示せず）に送られる。この制御装置は、電圧信号V2に基づき、レーザダイオードLDの出力を算出する。また、電圧信号V1と電圧信号V2とを比較することによって、レーザダイオードLDの出力光の波長を算出する。

【0123】ここで得られたレーザダイオードLDの出力光強度および発振波長は、この光モジュール501のキャリブレーション値（例えば、第1フォトダイオードPD1および第2フォトダイオードPD2の受光感度補正值）として制御装置に格納されているアプリケーションプログラムに組み込まれることが好ましい。

【0124】以上、本実施の形態にかかる光モジュール501によれば、レーザダイオードLDとともに、このレーザダイオードLDの出力光強度および波長をモニタリングするための装置をコンパクトにモジュール化することが可能となる。

【0125】さらに、光モジュール501のキャリブレーション値が予め取得され、制御回路に格納されているため、フィルタ530、第1フォトダイオードPD1、第2フォトダイオードPD2等の構成装置の光学的な位置調整に従来ほどの精度が要求されない。したがって、組み立てが容易となり、結果的に低コスト化が実現する。

【0126】〔第6の実施の形態〕本発明の第6の実施の形態にかかる光モジュール601を図15に示す。この光モジュール501は、パッケージ903内部に、ステージ610、レーザダイオードLD、フォトダイオードPD、可動フィルタ630、サーミスタ911、およびT/Eクーラ913を備えている。この中で、フォトダイオードPDおよび可動フィルタ630は、ステージ610の所定位置に配されており、光モニタを構成している。ステージ610には、可動フィルタ630をスライドさせるための案内溝620が設けられている。

【0127】また、光モジュール601は、レーザダイオードLDのフロント光出力端にファイバ・ブラッグ・グレーティング915を備えており、レーザダイオードLDの発振波長の安定化が図られている。レーザダイオードLDの出力光（フロント光）は、光ファイバ921を経由して外部の光装置（図示せず）に伝送される。

【0128】図16は、光モジュール601のパッケージ903内を上方からみた平面図である。ここに示すように、フォトダイオードPDは、レーザダイオードLDのバック光の光路上に配置されている。可動フィルタ630は、例えば誘電体多層膜フィルタから構成されており、案内溝620に沿って第1位置（破線）と第2位置（実線）との間を移動する。

【0129】可動フィルタ630が第1位置に移動する

と、レーザダイオードLDのバック光は、可動フィルタ630によってフィルタリングされ(所定の波長の光が抽出され)、フォトダイオードPDに到達する。これに対して、可動フィルタ630を第2位置に移動すると、レーザダイオードLDのバック光は、直接フォトダイオードPDに到達する。

【0130】なお、可動フィルタ630の移動については、精度の高い位置制御が可能なマイクロマシン技術を用いることが好ましい。レーザダイオードLDのバック光は、指向性が高く1~2 μ mの広がりしか持たないため、可動フィルタ630の移動距離(第1位置と第2位置の距離)は5 μ m程度となる。このように可動フィルタ630の移動距離が短いことから、長い距離の移動には高電圧が必要なマイクロマシンであっても、可動フィルタ630の移動手段として採用することが可能である。

【0131】以上のように構成された本実施の形態にかかる光モジュール601の動作、特に、レーザダイオードLDの出力光の強度および波長をモニタリングする際の動作について説明する。

【0132】まず、可動フィルタ630を第1位置に移動させ、可動フィルタ630を透過したレーザダイオードLDのバック光をフォトダイオードPDによって受光する。フォトダイオードPDは、その受光強度を電圧信号V1として制御回路(図示せず)に出力する。

【0133】次に、可動フィルタ630を第2位置に移動させ、レーザダイオードLDのバック光をフォトダイオードPDによって直接受光する。フォトダイオードPDは、その受光強度を電圧信号V2として制御回路に出力する。

【0134】制御装置は、電圧信号V2に基づき、レーザダイオードLDの出力を算出する。また、電圧信号V1と電圧信号V2とを比較することによって、レーザダイオードLDの出力光の波長を算出する。

【0135】以上説明したように、本実施の形態にかかる光モジュール601によれば、レーザダイオードLDのバック光を一のフォトダイオードPDによってモニタリングし、モニタリングの結果に基づいてレーザダイオードLDの出力光の強度および波長を算出することが可能となる。したがって、第5の実施の形態にかかる光モジュール501と同様の効果が得られると共に、より一層のコンパクト化が実現する。

【0136】添付図面を参照しながら本発明の好適な実施の形態について説明したが、本発明はかかる実施の形態に限定されない。当業者であれば、特許請求の範囲に記載された技術的思想の範疇内において各種の変更例または修正例に想到し得ることは明らかであり、それらについても当然に本発明の技術的範囲に属するものと了解される。

【0137】例えば、本発明の一実施形態としてWDM

用送信モジュールを説明したが、本発明は、ルータの光インタフェースや光クロスコネクタなどに用いられる電気/光変換装置にも適用可能である。また、光通信システムにおける光パフォーマンスモニタ、さらには光通信システムのみならずそれ以外の分野における光センサなどにも適用可能である。

【0138】

【発明の効果】以上説明したように、請求項1~6、13、14に記載の発明によれば、光源から出力された光の波長および光強度を高精度に検出することが可能であって、小型化が図られた光モニタが提供される。また、請求項7~12、15~17に記載の発明によれば、小型化が図られた光モジュールが提供される。さらに、請求項18によれば、透過光を拡散させることなく所定の装置に導くことが可能な光フィルタが提供される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態にかかる光モニタの構成を示す斜視図である。

【図2】図1の光モニタが組み込まれた光モジュールの構成を示すブロック図である。

【図3】図1の光モニタに備えられた光導波路部と、フィルタブロック、第1フォトダイオード、第2フォトダイオードとの位置関係の説明図である。

【図4】図1の光モニタに備えられた光導波路部の製造工程の説明図である。

【図5】図1の光モニタに備えられた本発明の第2の実施の形態にかかるフィルタブロックの構成を示す斜視図である。

【図6】図1の光モニタと異なる形態の光モニタの構成を示す斜視図である。

【図7】図6の光モニタに備えられた光導波路部と、フィルタブロックとの位置関係の説明図である。

【図8】図1および図6の光モニタと異なる形態の光モニタの構成を示す斜視図である。

【図9】本発明の第3の実施の形態にかかる光モジュールの構成を示すブロック図である。

【図10】図2および図9の光モジュールと異なる形態の光モジュールの構成を示すブロック図である。

【図11】図2、図9、および図10の光モジュールと異なる形態の光モジュールの構成を示すブロック図である。

【図12】本発明の第4の実施の形態にかかる光モジュールの構成を示すブロック図である。

【図13】本発明の第5の実施の形態にかかる光モジュールの構成を示す斜視図である。

【図14】図13の光モジュールに備えられた光モニタの構成・機能を示す平面図である。

【図15】本発明の第6の実施の形態にかかる光モジュールの構成を示す斜視図である。

【図16】図15の光モジュールに備えられた光モニタ

の構成・機能を示す平面図である。

【図 17】従来の光モジュールの構成を示す斜視図である。

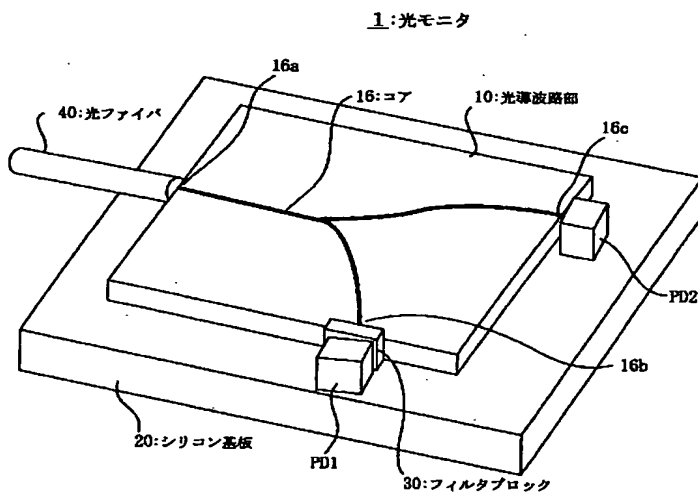
【符号の説明】

1 : 光モニタ
 10 : 光導波路部
 11 : 下部クラッド層
 16 : コア
 19 : 上部クラッド層
 20 : シリコン基板
 30 : フィルタブロック
 31 : 石英基板
 33 : 光導波路部
 35 : コア
 37 : 誘電体多層膜
 40 : 光ファイバ
 50 : 光導波路部
 51 : 反射光用コア
 60 : 光導波路部
 61 : 誘電体多層膜
 101 : 光モジュール
 130 : カブラ
 140 : 計算回路
 150 : 制御回路
 160 : APC回路
 170 : ATC回路
 301 : 光モジュール
 303 : 光モニタ
 310 : 光導波路部
 311 : コア

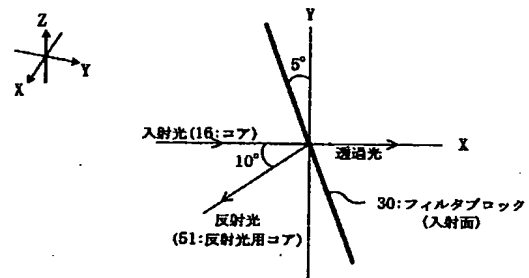
312 : コア
 313 : コア
 315 : 方向性結合器
 317 : アイソレータ
 320 : シリコン基板
 330 : LD駆動回路
 340 : 光ファイバ
 351 : 光モジュール
 352 : 光モジュール
 10 353 : 光モニタ
 360 : 光導波路部
 363 : コア
 370 : シリコン基板
 380 : 光ファイバ
 401 : 光モジュール
 410 : 光導波路部
 420 : シリコン基板
 440 : 計算回路
 450 : 制御回路
 20 501 : 光モジュール
 510 : 光エキスパンダ
 530 : フィルタ
 601 : 光モジュール
 610 : ステージ
 620 : 案内溝
 630 : 可動フィルタ
 LD : レーザダイオード
 PD1 : 第1フォトダイオード
 PD2 : 第2フォトダイオード

30

【図 1】

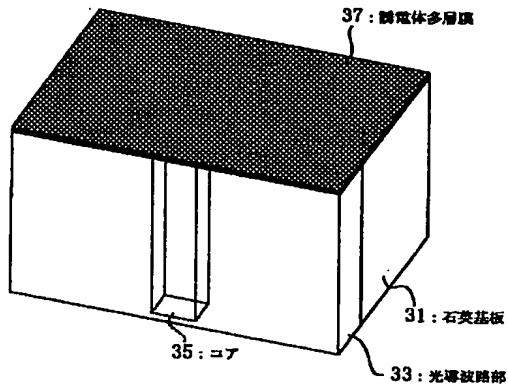


【図 7】

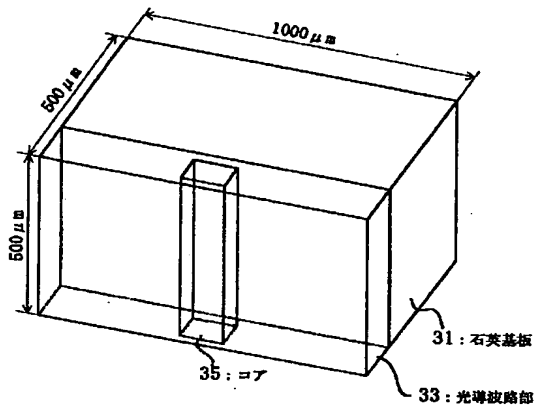


【図 5】

(a) 30: フィルタブロック

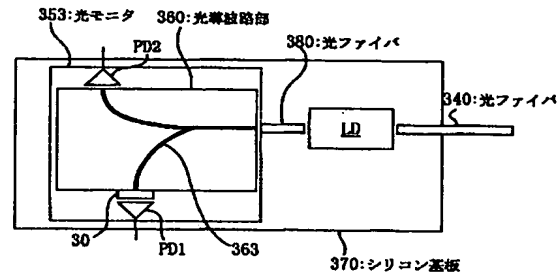


(b)



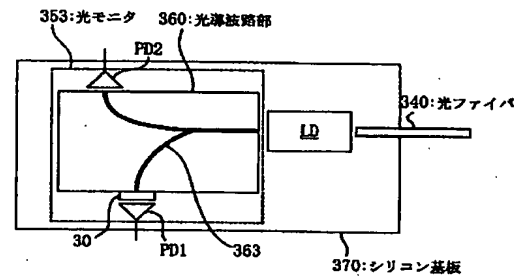
【図 10】

351: 光モジュール



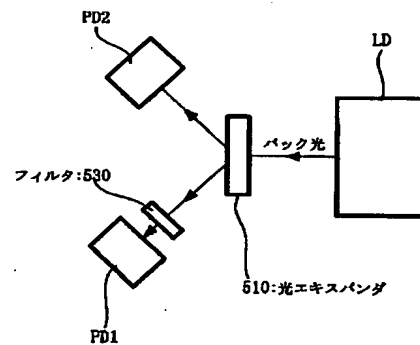
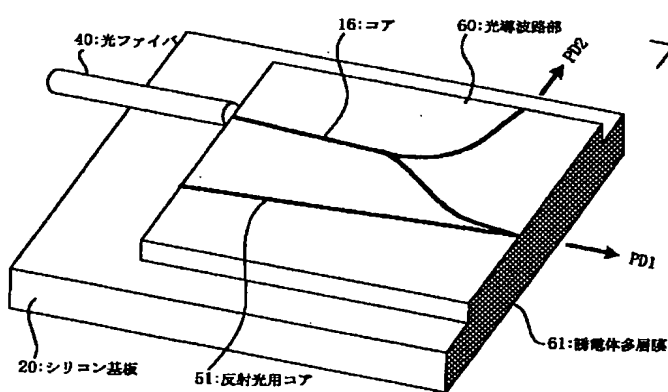
【図 11】

352: 光モジュール

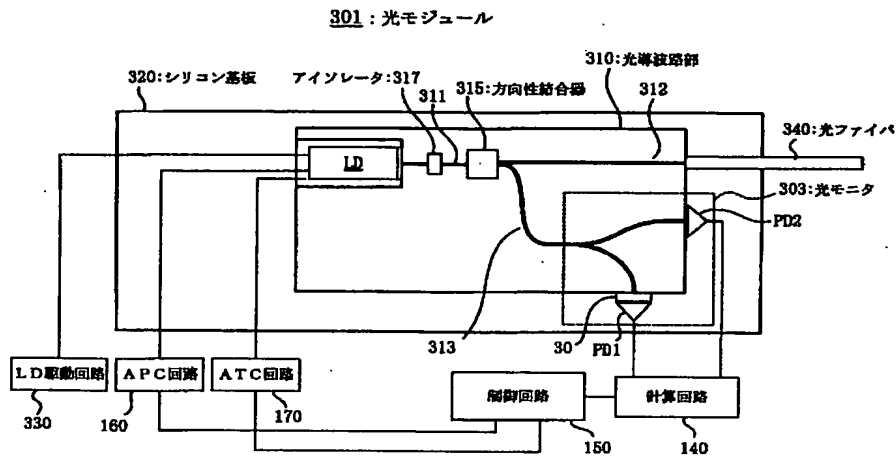


【図 14】

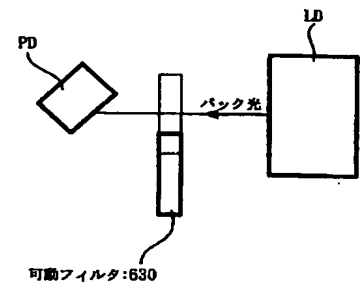
【図 8】



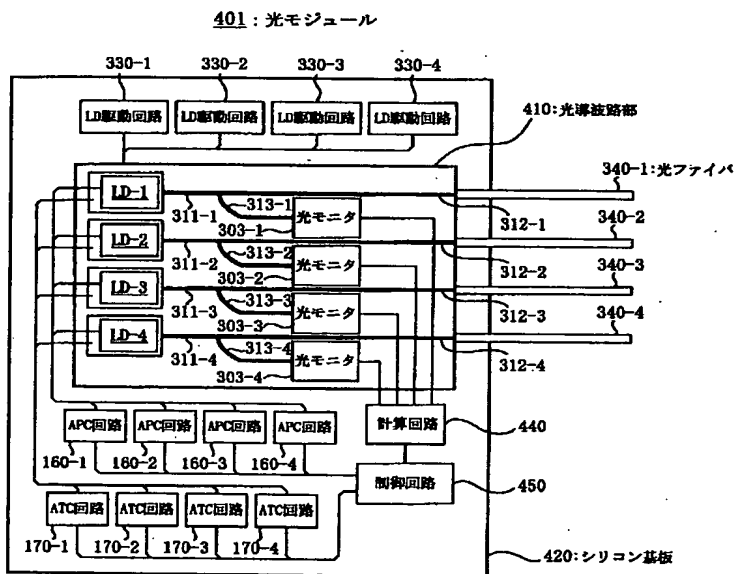
【図 9】



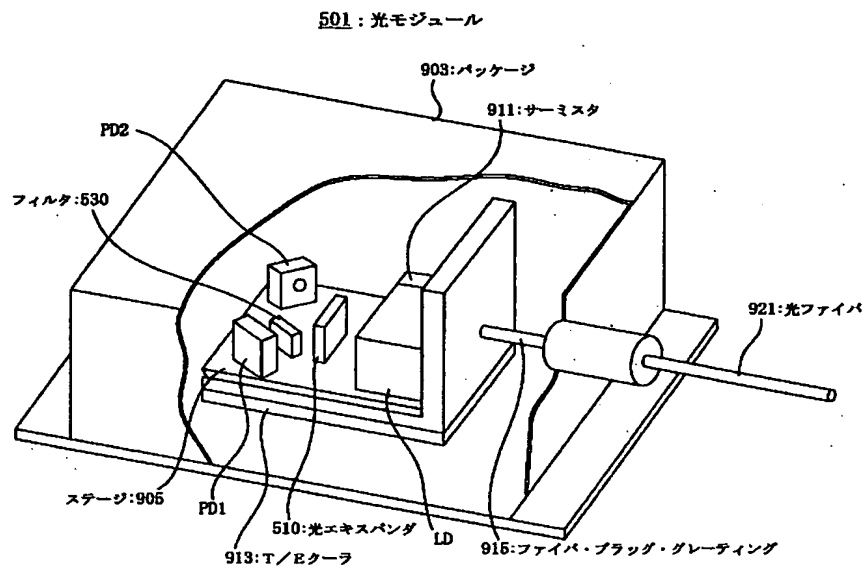
【図 16】



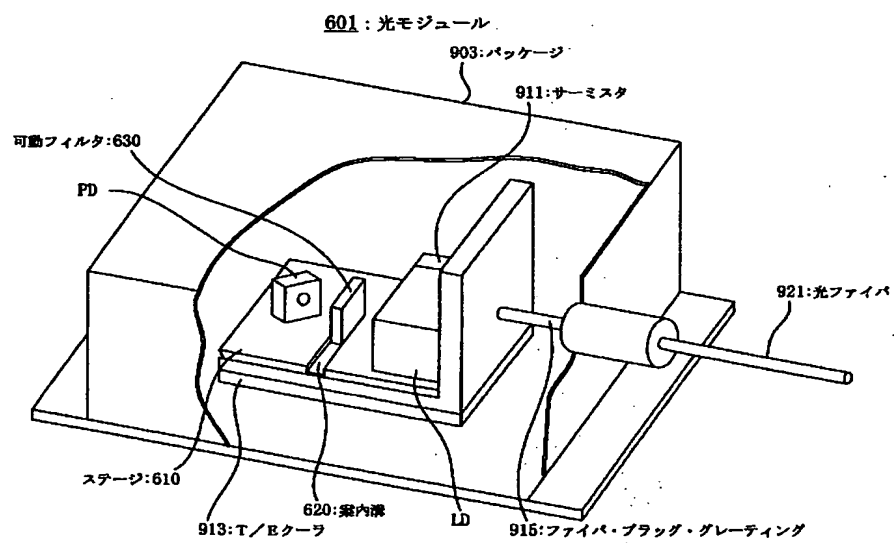
【図 12】



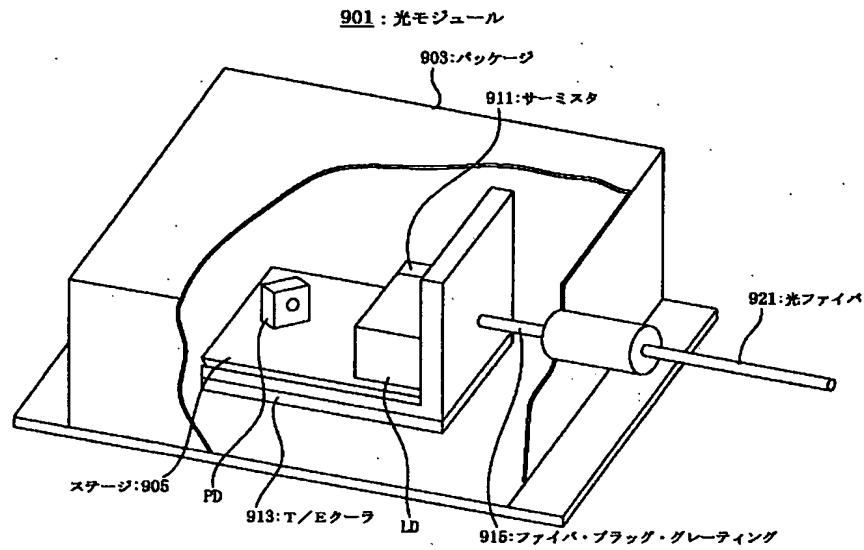
【図 13】



【図 15】



【図 17】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁷

H 0 1 S 5/0683

H 0 4 B 10/08

識別記号

F I

G 0 2 B 6/12

H 0 1 L 31/02

H 0 4 B 9/00

ターマコード (参考)

C 5 K 0 0 2

C

D

K

F ターム (参考) 2H037 AA01 BA11 BA24 DA03 DA04

2H047 KA04 LA12 LA18 MA05 MA07

TA05 TA11 TA47

5F073 BA01 EA15 FA01 GA02

5F088 AA01 BA15 BA16 BB01 EA09

JA13 JA14

5F089 AA01 AC16 AC17 CA15 CA20

GA07

5K002 BA31 CA08 CA11 EA05